

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-115267

(43)Date of publication of application : 24.04.2001

(51)Int.Cl.

C23C 16/511
H01L 21/205
H01L 21/3065
H01L 21/31

(21)Application number : 11-297064

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 19.10.1999

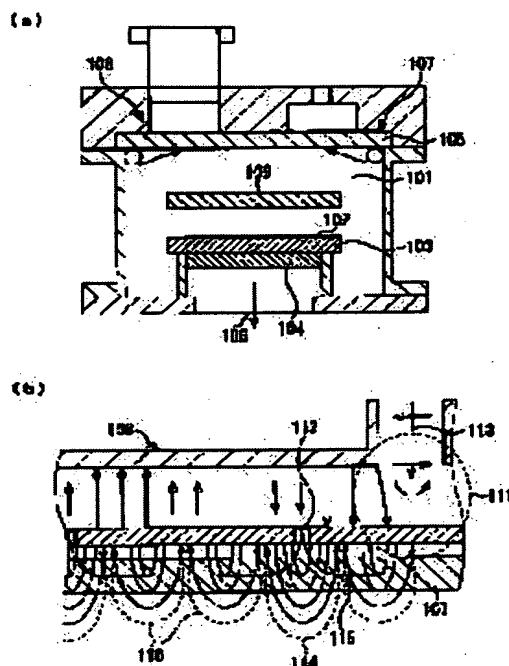
(72)Inventor : SUZUKI NOBUMASA

(54) PLASMA TREATMENT SYSTEM AND METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize stable plasma treatment free from the change of the treating capacity caused by high density plasma and strong radiation heat from a dielectric window in contact with plasma even in the case high speed treatment is executed by using high density plasma.

SOLUTION: The space between a dielectric window 107 and the substrate 102 to be treated is provided with a high conductance opaque member 109, and microwave plasma treatment is executed. The high conductance opaque member 109 makes infrared light and visible ultraviolet light nontransmissive and also makes gas for treatment freely passible. High density plasma and strong radiation heat from the dielectric window 107 in contact with plasma are shielded by the high conductance opaque member 109, by which the substrate 102 is not overheated, and stable treatment is made possible.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-115267
(P2001-115267A)

(43) 公開日 平成13年4月24日 (2001.4.24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
C 2 3 C	16/511	C 2 3 C 16/511	4 K 0 3 0
H 0 1 L	21/205	H 0 1 L 21/205	5 F 0 0 4
	21/3065	21/31	C 5 F 0 4 5
	21/31	21/302	B

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-297064

(22) 出願日 平成11年10月19日 (1999. 10. 19)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 鈴木 伸昌

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100090273

弁理士 國分 孝悦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及び処理方法

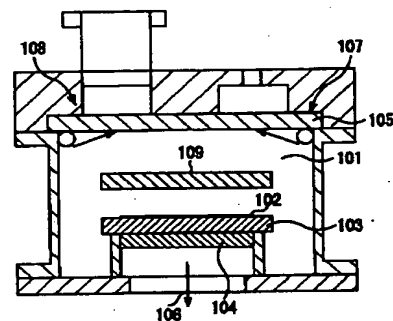
(57) 【要約】

【課題】 高密度プラズマを用いて高速処理を行う場合でも、高密度プラズマやプラズマに接している誘電体窓からの強い輻射熱による処理性能の変化のない安定したプラズマ処理を実現する。

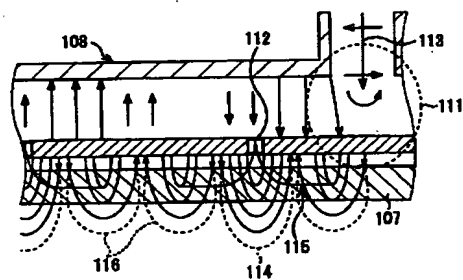
【解決手段】 誘電体窓107と被処理基体102との間に高コンダクタンス不透明部材109を設けてマイクロ波プラズマ処理を行なう。この高コンダクタンス不透明部材109は、赤外光及び可視紫外光を非透過とし且つ処理用ガスを通過自在とするものである。

【効果】 高密度プラズマやプラズマに接している誘電体窓107からの強い輻射熱は高コンダクタンス不透明部材109により遮断されるので基体102は過熱されず、安定な処理が可能となる。

(a)



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マイクロ波が透過可能な誘電体窓で一部を形成されたプラズマ処理室と、
前記プラズマ処理室内に設置される被処理基体の支持手段と、
前記プラズマ処理室内へ処理用ガスを導入する処理用ガス導入手段と、
前記プラズマ処理室内を排気する排気手段と、
前記プラズマ処理室内へマイクロ波を導入するマイクロ波導入手段と、
前記誘電体窓と前記被処理基体との間に設けられ、赤外光及び可視紫外光を非透過とし且つ前記処理用ガスを通過自在とする高コンダクタンス不透明部材とを備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 前記高コンダクタンス不透明部材は、穿孔された複数の平板を、孔が重ならないように並行に配置したものであることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】 前記高コンダクタンス不透明部材は、異径の傘リングを同心円状に配置したものであることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 前記高コンダクタンス不透明部材は、断面が拡開形状の平板を並行に配置したものであることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】 前記高コンダクタンス不透明部材は、断面が拡開形状の平板又は傘形状のものであることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】 前記高コンダクタンス不透明部材の表面は、段差が1mm～10mmの階段状であることを特徴とする請求項3～5のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】 前記高コンダクタンス不透明部材は、材質が表面をアルマイト加工したアルミ合金からなるものであることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項8】 マイクロ波が透過可能な誘電体窓で一部を形成されたプラズマ処理室内に被処理基体を設置し、前記プラズマ処理室内へ処理用ガスを導入して、前記プラズマ処理室内へマイクロ波を導入することにより前記被処理基体にプラズマ処理を施すに際して、
前記誘電体窓と前記被処理基体との間を、赤外光及び可視紫外光を非透過とし且つ前記処理用ガスを通過自在の状態に設定することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項9】 前記誘電体窓と前記被処理基体との間に、穿孔された複数の平板を、孔が重ならないように並行に配置した高コンダクタンス不透明部材を設置することを特徴とする請求項8に記載のプラズマ処理方法。

【請求項10】 前記誘電体窓と前記被処理基体との間に、異径の傘リングを同心円状に配置した高コンダクタンス不透明部材を設置することを特徴とする請求項8に

記載のプラズマ処理方法。

【請求項11】 前記誘電体窓と前記被処理基体との間に、断面が拡開形状の平板を並行に配置した高コンダクタンス不透明部材を設置することを特徴とする請求項8に記載のプラズマ処理方法。

【請求項12】 前記誘電体窓と前記被処理基体との間に、断面が拡開形状の平板又は傘形状の高コンダクタンス不透明部材を設置することを特徴とする請求項8に記載のプラズマ処理方法。

10 【請求項13】 前記高コンダクタンス不透明部材の表面は、段差が1mm～10mmの階段状であることを特徴とする請求項10～12のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項14】 前記高コンダクタンス不透明部材は、材質が表面をアルマイト加工したアルミ合金からなるものであることを特徴とする請求項8～13のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。

20 【請求項15】 マイクロ波が透過可能な誘電体窓を有するプラズマ処理室と、
前記プラズマ処理室内に設置される被処理基体の支持手段と、
前記プラズマ処理室内へ処理用ガスを導入する処理用ガス導入手段と、
前記プラズマ処理室内を排気する排気手段と、
前記プラズマ処理室内へマイクロ波を導入するマイクロ波導入手段と、
前記誘電体窓と前記被処理基体との間に、前記処理用ガスの通過路を有する遮光部材とを備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

30 【請求項16】 マイクロ波が透過可能な誘電体窓を有するプラズマ処理室内に被処理基体を設置し、前記プラズマ処理室内へ処理用ガスを導入して、前記プラズマ処理室内へマイクロ波を導入することにより前記被処理基体にプラズマ処理を施すに際して、
前記被処理基体をプラズマ光から遮光した状態で処理を行なうことを特徴とするプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

40 【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロ波を用いたプラズマ処理装置及び処理方法に関し、特に、高密度プラズマやプラズマに接している誘電体窓からの輻射熱による基板過熱を抑え、且つ高密度プラズマからの活性種による高速処理が可能なマイクロ波プラズマ処理装置を対象とする。

【0002】

50 【従来の技術】マイクロ波をプラズマ生起用の励起源として使用するプラズマ処理装置としては、CVD装置、エッチング装置、アッシング装置等が知られている。このようないわゆるマイクロ波プラズマCVD装置を使用するCVDは、例えば次のように行われる。即ち、当該

装置のプラズマ発生室及び成膜室内にガスを導入し、同時にマイクロ波エネルギーを投入してプラズマ発生室内にプラズマを発生させてガスを励起、分解して、成膜室内に配された基体上に堆積膜を形成する。

【0003】また、いわゆるマイクロ波プラズマエッチング装置を使用する被処理基体のエッチング処理は、例えば次のようにして行われる。即ち、当該装置の処理室内にエッチャントガスを導入し、同時にマイクロ波エネルギーを投入してエッチャントガスを励起、分解して処理室内にプラズマを発生させ、これにより処理室内に配された被処理基体の表面をエッチングする。

【0004】更に、いわゆるマイクロ波プラズマアッシング装置を使用する被処理基体のアッシング処理は、例えば次のようにして行われる。即ち、当該装置の処理室内にアッシングガスを導入し、同時にマイクロ波エネルギーを投入してアッシングガスを励起、分解して処理室内にプラズマを発生させ、これにより処理室内に配された被処理基体の表面をアッシングする。

【0005】マイクロ波プラズマ処理装置においては、ガスの励起源としてマイクロ波を使用することから、電子を高い周波数をもつ電界により加速でき、ガス分子を効率的に電離、励起させることができる。それ故、当該装置については、ガスの電離効率、励起効率及び分解効率が高く、高密度のプラズマを比較的容易に形成し得る、低温で高速に高品質処理できるといった利点を有する。また、マイクロ波が誘電体を透過する性質を有することから、プラズマ処理装置を無電極放電タイプのものとして構成でき、これが故に高清浄なプラズマ処理を行い得るという利点もある。

【0006】マイクロ波プラズマ処理装置の例として、近年、マイクロ波の均一で効率的な導入装置として複数のスロットがH面に形成された無終端環状導波管を用いた装置が提案されている（特開平11-40397号公報）。このマイクロ波プラズマ処理装置を図3(a)に、そのプラズマ発生機構を図3(b)に示す。301はプラズマ処理室、302は被処理基体、303は基体302の支持体、304は基板温度調整手段、305はプラズマ処理室301の周辺に設けられたプラズマ処理用ガス導入手段、306は排気部、307はプラズマ処理室301を大気側と分離する平板状誘電体窓、308はマイクロ波を誘電体窓307を透過してプラズマ処理室301に導入するためのスロット付無終端環状導波管、311はマイクロ波を左右に分配するE分岐、312はスロット、313は無終端環状導波管308内を伝搬するマイクロ波、314はスロット312を介し誘電体窓307を透過したマイクロ波により発生したプラズマ、315は誘電体窓307とプラズマ314との界面を伝搬し相互干渉するマイクロ波の表面波、316は表面波干渉により生成したプラズマである。

【0007】プラズマ処理は以下のようにして行なう。

まず、排気系（不図示）を介してプラズマ処理室301内を真空排気する。続いて、処理用ガスをプラズマ処理室301の周辺に設けられたガス導入手段305を介して所定の流量でプラズマ処理室301内に導入する。次に排気系（不図示）に設けられたコンダクタンスバルブ（不図示）を調整し、プラズマ処理室301内を所定の圧力に保持する。

【0008】マイクロ波電源（不図示）より所望の電力を無終端環状導波管308を介してプラズマ処理室301内に供給する。この際、無終端環状導波管308内に導入されたマイクロ波313は、E分岐311で左右に二分配され、自由空間よりも長い管内波長をもって伝搬する。管内波長の1/2または1/4毎に設置されたスロット312を介して誘電体窓307を透過してプラズマ処理室301に導入されたマイクロ波により高密度プラズマ314が発生する。この状態で、誘電体窓307とプラズマ314の界面に入射したマイクロ波は、プラズマ314中には伝搬できず、誘電体窓307とプラズマ314との界面を表面波315として伝搬する。隣接するスロットから導入された表面波315同士が相互干渉し、表面波315の波長の1/2毎に電界の腹を形成する。この表面波315の干渉による腹電界によって高密度プラズマ316が生成する。処理用ガスは発生した高密度プラズマ316により励起され、支持体303上に載置された被処理基体302の表面を処理する。

【0009】このようなマイクロ波プラズマ処理装置を用いることにより、マイクロ波パワーが1kW以上で、直径300mm程度の大口径空間に±3%以内σの均一性をもって、電子密度 $10^{11}/\text{cm}^3$ 以上、電子温度3eV以下、プラズマ電位20V以下的高密度低電位プラズマが発生できるので、ガスを十分に反応させて活性な状態で基板に供給でき、且つ入射イオンによる基板表面ダメージも低減するので、低温でも高品質で均一且つ高速な処理が可能になる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したようなマイクロ波プラズマ処理装置を用いて処理を行う場合には、高密度プラズマやプラズマに接している誘電体窓からの強い輻射熱により基体の温度が上昇し易く、処理性能が大きく変化することが多い。即ち、高密度プラズマにより高品質で均一且つ高速な処理が期待される反面、それ故に処理結果を不安定なものとして精度の低下を来すという重大な問題がある。

【0011】そこで、本発明の主たる目的は、上述した従来のマイクロ波プラズマ処理装置における問題点を解決し、高密度プラズマを用いて高速処理を行う場合でも、高密度プラズマやプラズマに接している誘電体窓からの強い輻射熱による処理性能の変化のない安定したプラズマ処理装置及び処理方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、従来のプラズマ処理装置及び処理方法における上述した問題点を解決し、前記目的を達成すべく鋭意努力した結果、以下に示す発明の諸態様に想到した。

【0013】本発明のプラズマ処理装置は、マイクロ波が透過可能な誘電体窓で一部を形成されたプラズマ処理室と、前記プラズマ処理室内に設置される被処理基体の支持手段と、前記プラズマ処理室内へ処理用ガスを導入する処理用ガス導入手段と、前記プラズマ処理室内を排気する排気手段と、前記プラズマ処理室内へマイクロ波を導入するマイクロ波導入手段と、前記誘電体窓と前記被処理基体との間に設けられ、赤外光及び可視紫外光を非透過とし且つ前記処理用ガスを通過自在とする高コンダクタンス不透明部材とを備えている。

【0014】本発明のプラズマ処理装置の一態様において、前記高コンダクタンス不透明部材は、穿孔された複数の平板を、孔が重ならないように並行に配置したものである。

【0015】本発明のプラズマ処理装置の一態様において、前記高コンダクタンス不透明部材は、異径の傘リングを同心円状に配置したものである。

【0016】本発明のプラズマ処理装置の一態様において、前記高コンダクタンス不透明部材は、断面が拡開形状の平板を並行に配置したものである。

【0017】本発明のプラズマ処理装置の一態様において、前記高コンダクタンス不透明部材は、断面が拡開形状の平板又は傘形状のものである。

【0018】本発明のプラズマ処理装置の一態様において、前記高コンダクタンス不透明部材の表面は、段差が1mm～10mmの階段状である。

【0019】本発明のプラズマ処理装置の一態様において、前記高コンダクタンス不透明部材は、材質が表面をアルマイト加工したアルミ合金からなるものである。

【0020】本発明のプラズマ処理方法は、マイクロ波が透過可能な誘電体窓で一部を形成されたプラズマ処理室内に被処理基体を設置し、前記プラズマ処理室内へ処理用ガスを導入して、前記プラズマ処理室内へマイクロ波を導入することにより前記被処理基体にプラズマ処理を施すに際して、前記誘電体窓と前記被処理基体との間を、赤外光及び可視紫外光を非透過とし且つ前記処理用ガスを通過自在の状態に設定する。

【0021】本発明のプラズマ処理方法の一態様において、前記誘電体窓と前記被処理基体との間に、穿孔された複数の平板を、孔が重ならないように並行に配置した高コンダクタンス不透明部材を設置する。

【0022】本発明のプラズマ処理方法の一態様において、前記誘電体窓と前記被処理基体との間に、異径の傘リングを同心円状に配置した高コンダクタンス不透明部材を設置する。

【0023】本発明のプラズマ処理方法の一態様にお

て、前記誘電体窓と前記被処理基体との間に、断面が拡開形状の平板を並行に配置した高コンダクタンス不透明部材を設置する。

【0024】本発明のプラズマ処理方法の一態様において、前記誘電体窓と前記被処理基体との間に、断面が拡開形状の平板又は傘形状の高コンダクタンス不透明部材を設置する。

【0025】本発明のプラズマ処理方法の一態様において、前記高コンダクタンス不透明部材の表面は、段差が1mm～10mmの階段状である。

【0026】本発明のプラズマ処理方法の一態様において、前記高コンダクタンス不透明部材は、材質が表面をアルマイト加工したアルミ合金からなるものである。

【0027】本発明のプラズマ処理装置は、マイクロ波が透過可能な誘電体窓を有するプラズマ処理室と、前記プラズマ処理室内に設置される被処理基体の支持手段と、前記プラズマ処理室内へ処理用ガスを導入する処理用ガス導入手段と、前記プラズマ処理室内を排気する排気手段と、前記プラズマ処理室内へマイクロ波を導入するマイクロ波導入手段と、前記誘電体窓と前記被処理基体との間に、前記処理用ガスの通過路を有する遮光部材とを備える。

【0028】本発明のプラズマ処理方法は、マイクロ波が透過可能な誘電体窓を有するプラズマ処理室内に被処理基体を設置し、前記プラズマ処理室内へ処理用ガスを導入して、前記プラズマ処理室内へマイクロ波を導入することにより前記被処理基体にプラズマ処理を施すに際して、前記被処理基体をプラズマ光から遮光した状態で処理を行なう。

【0029】

【作用】本発明においては、赤外光及び可視紫外光のようなプラズマ光を非透過とし且つプラズマ種（電子、イオン、ラジカル及びそれらの反応生成物等）を含む処理用ガスを通過自在とする高コンダクタンス不透明部材を誘電体窓と被処理基体との間に設けることにより、高密度プラズマを用いて高速処理を行う場合でも、高密度プラズマやプラズマに接している誘電体窓からの強い輻射熱による処理性能の変化のない安定したプラズマ処理を行なうことが可能となる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した好適な実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0031】本実施形態では、マイクロ波プラズマ処理装置及び処理方法を例示する。図1(a)に当該装置の概要構成を示す。図1(a)において、101はプラズマ処理室、102は被処理基体、103は基体102の支持体、104は基板温度調整手段、105はプラズマ処理室101の周辺に設けられたプラズマ処理用ガス導入手段、106は排気部、107はプラズマ処理室101を大気側と分離する誘電体窓、108はマイクロ波を

誘電体窓107を透過してプラズマ処理室101に導入するためのスロット付無終端環状導波管である。109は基体102と誘電体窓107との間に設けられた高コンダクタンス不透明部材であり、プラズマ光から被処理基体を遮光しつつ、プラズマ種を含むガスの通過を許している。111はマイクロ波を左右に分配するE分岐、112はスロット、113は無終端環状導波管108内を伝搬するマイクロ波、114はスロット112を介し誘電体窓107を透過したマイクロ波により発生したプラズマ、115は誘電体窓107とプラズマ114との界面を伝搬し相互干渉するマイクロ波の表面波、116は表面波干渉により生成したプラズマである。

【0032】本装置を用いたプラズマ処理は以下のようにして行なう。まず、排気系（不図示）を介してプラズマ処理室101内を真空排気する。続いて、処理用ガスをプラズマ処理室101の周辺に設けられたガス導入手段105を介して所定の流量でプラズマ処理室101内に導入する。次に、排気系（不図示）に設けられたコンダクタンスバルブ（不図示）を調整し、プラズマ処理室101内を所定の圧力に保持する。

【0033】続いて、図1(b)に示すように、マイクロ波電源（不図示）より所望の電力を無終端環状導波管108を介してプラズマ処理室101内に供給する。この際、無終端環状導波管108内に導入されたマイクロ波113は、E分岐111で左右に二分配され、自由空間よりも長い管内波長をもって伝搬する。管内波長の $1/2$ または $1/4$ 毎に設置されたスロット112を介して誘電体窓107を透過してプラズマ処理室101に導入されたマイクロ波により高密度プラズマ114が発生する。この状態で、誘電体窓107とプラズマ114の界面に入射したマイクロ波は、プラズマ114中には伝搬できず、誘電体窓107とプラズマ114との界面を表面波115として伝搬する。隣接するスロットから導入された表面波115同士が相互干渉し、表面波115の波長の $1/2$ 毎に電界の腹を形成する。この表面波115干渉による腹電界によって高密度プラズマ116が生成する。周辺から導入された処理用ガスは、発生した高密度プラズマ116により励起・イオン化し、反応により活性化して、高コンダクタンス不透明部材109を通過して支持体103上に載置された被処理基体102の表面を均一に処理する。この際、高密度プラズマやプラズマに接している誘電体窓107からの強い輻射熱は高コンダクタンス不透明部材109により遮断されるので基体102は過熱されず、安定な処理が可能である。

【0034】高コンダクタンス不透明部材109の形状は、少なくとも誘電体窓107と基体102の中心を結ぶ線に平行な光は直接基体に照射されないように形成されていることが望ましい。例えば、穿孔された複数の平板を、孔が重ならないように並行に配置して構成しても好適である。

【0035】高コンダクタンス不透明部材109の断面形状は、拡開形状（例えばハの字型、くの字型）でも、Z型でも、ガス流のコンダクタンスが高くプラズマからの輻射を遮断できる形状であればよい。高コンダクタンス不透明部材109の表面は反射による輻射熱の基体102への照射が抑制されるように低反射加工、例えば塗装、アルマイト加工などが施されていることが望ましい。

【0036】更に、高コンダクタンス不透明部材109には、反射しても基体102への照射が抑えられるように、表面が階段状に形成されていて反射光が窓側に戻る構造を持たせても良い。図2に、高コンダクタンス不透明部材の様々な構成例を示す。(a)はくの字型の断面を持つ並行シェブロン型、(b)は(a)の変形である同心円シェブロン型、(c)は並行ハの字型、(d)は(c)の変形である同心円ハの字型、(e)はZ型、(f)は段差リング型、(g)は2段扇型、(h)は2段長尺型である。但し、飽くまでもこれらは一例であり、これらに限られるものではない。

【0037】高コンダクタンス不透明部材109の材質は、処理に悪影響を与えず、赤外光や可視紫外光を通さない不透明なものなら適用可能で、材質が表面をアルマイト加工したアルミ合金やSi、C（炭素）、Tiなどが適当である。

【0038】また、スロット付き無終端環状導波管108の材質は、導電体であれば使用可能であるが、マイクロ波の伝搬ロスをしるだけ抑えるため、導電率の高いAl、Cu、Ag/CuメッキしたSUSなどが最適である。このスロット付無終端環状導波管108の導入口の向きは、スロット付無終端環状導波管108内のマイクロ波伝搬空間に効率良くマイクロ波を導入できるものであれば、H面に平行で伝搬空間の接線方向でも、H面に垂直方向で導入部で伝搬空間の左右方向に二分配するものでもよい。スロット付無終端環状導波管108のスロットの形状は、マイクロ波の伝搬方向に垂直な方向の長さが管内波長の $1/4$ 以上であれば、矩形、楕円形、アレイ状等如何なる形状でもよい。スロット付無終端環状導波管108のスロット間隔は、干渉によりスロットを横切る電界が強め合うように、管内波長の $1/2$ または $1/4$ が最適である。

【0039】本実施形態において用いられるマイクロ波周波数は、0.8GHz～2.0GHzの範囲から適宜選択することができる。

【0040】本実施形態において、より低圧で処理するために、磁界発生手段を用いても良い。本発明のプラズマ処理装置及び処理方法において用いられる磁界としては、スロットの幅方向に発生する電界に垂直な磁界であれば適用可能である。磁界発生手段としては、コイル以外でも、永久磁石でも使用可能である。コイルを用いる場合には過熱防止のため水冷機構や空冷など他の冷却手

段を用いてもよい。また、処理のより高品質化のため、紫外光を基体表面に照射してもよい。

【0041】光源としては、被処理基体もしくは基体上に付着したガスに吸収される光を放射するものなら適用可能で、エキシマレーザ、エキシマランプ、希ガス共鳴線ランプ、低圧水銀ランプなどが適当である。

【0042】本実施形態におけるプラズマ処理室内の圧力は、 1.33×10^{-2} Pa乃至 1.33×10^3 Paの範囲、より好ましくは、13.3 Paから667 Paの範囲が適当である。

【0043】本実施形態における堆積膜の形成は、使用するガスを適宜選択することにより Si 、 N 、 SiO_2 、 SiOF 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 TiN 、 Al_2O_3 、 AlN 、 MgF_2 などの絶縁膜、アモルファス Si 、多結晶 Si 、 SiC 、 GaAs などの半導体膜、 Al 、 W 、 Mo 、 Ti 、 Ta などの金属膜等、各種の堆積膜を効率よく形成することが可能である。

【0044】被処理基体102は、半導体であっても、導電性のものであっても、あるいは電気絶縁性のものであってもよい。

【0045】導電性基体としては、 Fe 、 Ni 、 Cr 、 Al 、 Mo 、 Au 、 Nb 、 Ta 、 V 、 Ti 、 Pt 、 Pb などの金属またはこれらの合金、例えば真鍮やステンレス鋼などが挙げられる。

【0046】絶縁性基体としては、 SiO_2 系の石英や各種ガラス、 Si 、 N 、 NaCl 、 KCl 、 LiF 、 CaF_2 、 BaF_2 、 Al_2O_3 、 AlN 、 MgO などの無機物、ポリエチレン、ポリエステル、ポリカーボネート、セルロースアセテート、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリスチレン、ポリアミド、ポリイミドなどの有機物のフィルムやシートなどが挙げられる。

【0047】本実施形態のプラズマ処理装置に用いられるガス導入手段105の向きは、ガスが誘電体窓108近傍に発生するプラズマ領域を経由した後中央付近に十分に供給されてから基板表面を中央から周辺に向かって流れるように、誘電体窓108に向けてガスを吹き付けられる構造を有することが最適である。

【0048】CVD法により基板上に薄膜を形成する場合に用いられるガスとしては、一般に公知のガスが使用できる。

【0049】アモルファス Si 、多結晶 Si 、 SiC などの Si 系半導体薄膜を形成する場合の処理用ガス導入手段105を介してプラズマ処理室101へ導入する Si 原子を含有する原料ガスとしては、 SiH_4 、 Si_2H_6 などの無機シラン類、テトラエチルシラン(TEOS)、テトラメチルシラン(TMS)、ジメチルシラン(DMS)、ジメチルジフルオロシラン(DMDFS)、ジメチルジクロロシラン(DMDCS)などの有機シラン類、 SiF_4 、 Si_2F_6 、 SiF_3 、 SiF_2 、 SiF 、

HF_3 、 SiH_2F_2 、 SiCl_4 、 Si_2Cl_6 、 SiHCl_3 、 SiH_2Cl_2 、 SiH_3Cl 、 SiCl_2F_2 などのハロゲン化シラン類等、常温常圧でガス状態であるものまたは容易にガス化し得るものが挙げられる。また、この場合の Si 原料ガスと混合して導入してもよい添加ガスまたはキャリアガスとしては、 H_2 、 He 、 Ne 、 Ar 、 Kr 、 Xe 、 Rn が挙げられる。

【0050】 Si 、 N 、 SiO_2 などの Si 化合物系薄膜を形成する場合の処理用ガス導入手段105を介して導入する Si 原子を含有する原料としては、 SiH_4 、 Si_2H_6 などの無機シラン類、テトラエトキシシラン(TEOS)、テトラメトキシシラン(TMO)、オクタメチルシクロテトラシラン(OMCTS)、ジメチルジフルオロシラン(DMDFS)、ジメチルジクロロシラン(DMDCS)などの有機シラン類、 SiF_4 、 Si_2F_6 、 SiF_3 、 SiF_2 、 SiF 、 SiH_2F_2 、 SiCl_4 、 Si_2Cl_6 、 SiHCl_3 、 SiH_2Cl_2 、 SiH_3Cl 、 SiCl_2F_2 などのハロゲン化シラン類等、常温常圧でガス状態であるものまたは容易にガス化し得るものが挙げられる。また、この場合の同時に導入する窒素原料ガスまたは酸素原料ガスとしては、 N_2 、 NH_3 、 N_2H_4 、ヘキサメチルジシラザン(HMDS)、 O_2 、 O_3 、 H_2O 、 N_2O 、 NO などが挙げられる。

【0051】 Al 、 W 、 Mo 、 Ti 、 Ta などの金属薄膜を形成する場合の処理用ガス導入手段105を介して導入する金属原子を含有する原料としては、トリメチルアルミニウム(TMAI)、トリエチルアルミニウム(TEAI)、トリイソブチルアルミニウム(TIBA)、ジメチルアルミニウムハイドライド(DMAIH)、タングステンカルボニル(W(CO)_6)、モリブデンカルボニル(Mo(CO)_6)、トリメチルガリウム(TMGa)、トリエチルガリウム(TEGa)などの有機金属、 AlCl_3 、 WF_6 、 TiCl_4 、 TaCl_5 などのハロゲン化金属等が挙げられる。また、この場合の Si 原料ガスと混合して導入してもよい添加ガスまたはキャリアガスとしては、 H_2 、 He 、 Ne 、 Ar 、 Kr 、 Xe 、 Rn が挙げられる。

【0052】 Al_2O_3 、 AlN 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 TiN 、 WO_3 などの金属化合物薄膜を形成する場合の処理用ガス導入手段105を介して導入する金属原子を含有する原料としては、トリメチルアルミニウム(TMAI)、トリエチルアルミニウム(TEAI)、トリイソブチルアルミニウム(TIBA)、ジメチルアルミニウムハイドライド(DMAIH)、タングステンカルボニル(W(CO)_6)、モリブデンカルボニル(Mo(CO)_6)、トリメチルガリウム(TMGa)、トリエチルガリウム(TEGa)などの有機金属、 AlCl_3 、 WF_6 、 TiCl_4 、 TaCl_5 などのハロゲン化金属等が挙げられる。

【0053】また、この場合の同時に導入する酸素原料ガスまたは窒素原料ガスとしては、 O_2 、 O_3 、 H_2O 、 NO 、 N_2O 、 NO_2 、 N_2 、 NH_3 、 N 、 H_2 、ヘキサメチルジシラザン(HMDS)などが挙げられる。

【0054】基体表面をエッチングする場合の処理用ガス導入口105から導入するエッチング用ガスとしては、 F_2 、 CF_4 、 CH_2F_2 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_8 、 CF_3Cl 、 SF_6 、 NF_3 、 Cl_2 、 CCl_4 、 CH_2Cl_2 、 C_2Cl_6 などが挙げられる。

【0055】フォトリソストなど基体表面上の有機成分をアッシング除去する場合の処理用ガス導入口105から導入するアッシング用ガスとしては、 O_2 、 O_3 、 H_2O 、 NO 、 N_2O 、 NO_2 、 H_2 などが挙げられる。

【0056】また本実施形態の手法を表面改質にも適用する場合、使用するガスを適宜選択することにより、例えば被処理基体もしくは表面層としてSi、Al、Ti、Zn、Taなどを使用してこれら基体もしくは表面層の酸化処理あるいは窒化処理さらにはB、As、Pなどのドーピング処理等が可能である。更に本実施形態において採用する成膜技術はクリーニング方法にも適用できる。その場合酸化物あるいは有機物や重金属などのクリーニングに使用することもできる。

【0057】基体を酸化表面処理する場合の処理用ガス導入口105を介して導入する酸化性ガスとしては、 O_2 、 O_3 、 H_2O 、 NO 、 N_2O 、 NO_2 などが挙げられる。また、基体を窒化表面処理する場合の処理用ガス導入口115を介して導入する窒化性ガスとしては、 N_2 、 NH_3 、 N_2H_4 、ヘキサメチルジシラザン(HMDS)などが挙げられる。

【0058】基体表面の有機物をクリーニングする場合、またはフォトリソストなど基体表面上の有機成分をアッシング除去する場合のガス導入口105から導入するクリーニング/アッシング用ガスとしては、 O_2 、 O_3 、 H_2O 、 NO 、 N_2O 、 NO_2 、 H_2 などが挙げられる。また、基体表面の無機物をクリーニングする場合のプラズマ発生用ガス導入口から導入するクリーニング用ガスとしては、 F_2 、 CF_4 、 CH_2F_2 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_8 、 CF_3Cl 、 SF_6 、 NF_3 などが挙げられる。

【0059】以上説明したように、本実施形態のマイクロ波プラズマ処理装置及び処理方法によれば、高密度プラズマを用いて高速処理を行う場合でも、高密度プラズマやプラズマに接している誘電体窓からの強い輻射熱による処理性能の変化のない安定したプラズマ処理が可能となる。

【0060】

【実施例】以下、諸実施例を挙げて本発明のマイクロ波プラズマ処理装置及び処理方法をより具体的に説明する。なお、本発明はこれら実施例に限定されるものでは

ない。

【0061】(実施例1) 図1に示したマイクロ波プラズマ処理装置を使用し、フォトリソストのアッシングを行った。基体102としては、層間SiO₂膜をエッチングし、ビアホールを形成した直後のシリコン(Si)基板(φ12インチ)を使用した。高コンダクタンス不透明部材109としては断面が拡開形状、ここではくの字型のものを使用した。この部材に垂直に入射する成分だけでなく斜入射成分も遮断することが可能である。

【0062】まず、Si基板102を基体支持体103上に設置した後、ヒータ104を用いて250℃まで加熱し、排気系(不図示)を介してプラズマ処理室101内を真空排気し、 1.33×10^{-3} Paまで減圧させた。プラズマ処理用ガス導入口105を介して酸素ガスを2slmの流量でプラズマ処理室101内に導入した。次いで、排気系(不図示)に設けられたコンダクタンスバルブ(不図示)を調整し、処理室101内を133 Paに保持した。プラズマ処理室101内に、2.45 GHzのマイクロ波電源より2.5 kWの電力をスロット付無終端環状導波管108を介して供給した。かくして、プラズマ処理室101内にプラズマを発生させた。この際、プラズマ処理用ガス導入口105を介して導入された酸素ガスはプラズマ処理室101内で励起、分解、反応してオゾンとなり、シリコン基板102の方向に輸送され、基板102上のフォトリソストを酸化し、気化・除去された。アッシング後、アッシング速度と基板表面電荷密度などについて評価した。

【0063】結果として、基板温度の変動は観られず、5.6 μm/minという充分大きいアッシング速度を得た。

【0064】(実施例2) 図1に示したマイクロ波プラズマ処理装置を使用し、フォトリソストのアッシングを行った。基体102としては、層間SiO₂膜をエッチングし、ビアホールを形成した直後のSi基板(φ12インチ)を使用した。高コンダクタンス不透明部材109としては断面が異径同心円傘型、即ちシェブロン型のものを使用した。

【0065】まず、Si基板102を基体支持体103上に設置した後、ヒータ104を用いて200℃まで加熱し、排気系(不図示)を介してプラズマ処理室101内を真空排気し、 1.33×10^{-3} Paまで減圧させた。プラズマ処理用ガス導入口105を介して酸素ガスを2slmの流量でプラズマ処理室101内に導入した。次いで、排気系(不図示)に設けられたコンダクタンスバルブ(不図示)を調整し、処理室101内を267 Paに保持した。プラズマ処理室101内に、2.45 GHzのマイクロ波電源より2.5 kWの電力をスロット付無終端環状導波管108を介して供給した。かくして、プラズマ処理室101内にプラズマを発生させた。この際、プラズマ処理用ガス導入口105を介して

導入された酸素ガスはプラズマ処理室101内で励起、分解、反応してオゾンとなり、シリコン基板102の方向に輸送され、基板102上のフォトリソを酸化し、気化・除去された。アッシング後、アッシング速度と基板表面電荷密度などについて評価した。

【0066】結果として、基板温度の変動は観られず、 $6.2\mu\text{m}/\text{min}$ という極めて大きいアッシング速度を得た。

【0067】(実施例3)図1に示したマイクロ波プラズマ処理装置を使用し、半導体素子保護用窒化シリコン膜の形成を行った。基体102としては、A1配線パターン(ラインアンドスペース $0.5\mu\text{m}$)が形成された層間 SiO_2 膜付き $\phi 300\text{mm}$ のP型単結晶シリコン基板(面方位 $\langle 100 \rangle$ 、抵抗率 $10\Omega\text{cm}$)を使用した。高コンダクタンス不透明部材109としては断面がZの字型のものを使用した。

【0068】まず、シリコン基板102を基体支持台103上に設置した後、排気系(不図示)を介してプラズマ処理室101内を真空排気し、 $1.33 \times 10^{-1}\text{Pa}$ の値まで減圧させた。続いてヒータ104に通電し、シリコン基板102を 300°C に加熱し、該基板をこの温度に保持した。プラズマ処理用ガス導入口105を介して窒素ガスを 600sccm の流量で、また、モノシランガスを 200sccm の流量で処理室101内に導入した。次いで、排気系(不図示)に設けられたコンダクタンスバルブ(不図示)を調整し、処理室101内を 2.67Pa に保持した。

【0069】続いて、 2.45GHz のマイクロ波電源(不図示)より 3.0kW の電力をスロット付無終端環状導波管108を介して供給した。かくして、プラズマ処理室101内にプラズマを発生させた。この際、プラズマ処理用ガス導入口105を介して導入された窒素ガスはプラズマ処理室101内で励起、分解されて活性種となり、シリコン基板102の方向に輸送され、モノシランガスと反応し、窒化シリコン膜がシリコン基板102上に $1.0\mu\text{m}$ の厚みに形成した。

【0070】成膜後、成膜速度、応力などの膜質について評価した。応力は成膜前後の基板の反り量の変化をレーザ干渉計Zygo(商品名)で測定し求めた。

【0071】結果として、基板温度の変動は観られず、得られた窒化シリコン膜の成膜速度は、 $580\text{nm}/\text{min}$ と極めて大きく、膜質が応力 $1.1 \times 10^9\text{dyn}/\text{cm}^2$ (圧縮)、リーク電流が $1.2 \times 10^{-10}\text{A}/\text{cm}^2$ 、絶縁耐圧が $10.3\text{MV}/\text{cm}$ の極めて良質な膜であることが確認された。

【0072】(実施例4)図1に示したマイクロ波プラズマ処理装置を使用し、プラスチックレンズ反射防止用酸化シリコン膜及び窒化シリコン膜の形成を行った。基体102としては、直径 50mm プラスチック凸レンズを使用した。高コンダクタンス不透明部材109として

は断面がくの字型のものを使用した。

【0073】まず、レンズ102を基体支持台103上に設置した後、排気系(不図示)を介してプラズマ処理室101内を真空排気し、 $1.33 \times 10^{-1}\text{Pa}$ の値まで減圧させた。次いで、プラズマ処理用ガス導入口105を介して窒素ガスを 150sccm の流量で、また、モノシランガスを 100sccm の流量で処理室101内に導入した。

【0074】続いて、排気系(不図示)に設けられたコンダクタンスバルブ(不図示)を調整し、処理室101内を $6.67 \times 10^{-1}\text{Pa}$ に保持した。次いで、 2.45GHz のマイクロ波電源(不図示)より 3.0kW の電力をスロット付無終端環状導波管103を介してプラズマ処理室201内に供給した。かくして、プラズマ処理室101内にプラズマを発生させた。この際、プラズマ処理用ガス導入口105を介して導入された窒素ガスは、プラズマ処理室101内で励起、分解されて窒素原子などの活性種となり、レンズ102の方向に輸送され、モノシランガスと反応し、窒化シリコン膜がレンズ102上に 20nm の厚さで形成された。

【0075】続いて、プラズマ処理用ガス導入口105を介して酸素ガスを 200sccm の流量で、また、モノシランガスを 100sccm の流量で処理室101内に導入した。次いで、排気系(不図示)に設けられたコンダクタンスバルブ(不図示)を調整し、処理室101内を $1.33 \times 10^{-1}\text{Pa}$ に保持した。次いで、 2.45GHz のマイクロ波電源(不図示)より 2.0kW の電力をスロット付無終端環状導波管108を介してプラズマ発生室101内に供給した。かくして、プラズマ処理室101内にプラズマを発生させた。この際、プラズマ処理用ガス導入口105を介して導入された酸素ガスは、プラズマ処理室101内で励起、分解されて酸素原子などの活性種となり、ガラス基板102の方向に輸送され、モノシランガスと反応し、酸化シリコン膜がガラス基板102上に 85nm の厚さで形成された。成膜後、成膜速度、反射特性について評価した。

【0076】結果として、基板温度の変動は観られず、得られた窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜の成膜速度はそれぞれ $350\text{nm}/\text{min}$ 、 $390\text{nm}/\text{min}$ と良好であり、膜質も、 500nm 付近の反射率が 0.17% と極めて良好な光学特性であることが確認された。

【0077】(実施例5)図1に示したマイクロ波プラズマ処理装置を使用し、半導体素子層間絶縁用酸化シリコン膜の形成を行った。基体102としては、最上部にA1パターン(ラインアンドスペース $0.5\mu\text{m}$)が形成された $\phi 300\text{mm}$ のP型単結晶シリコン基板(面方位 $\langle 100 \rangle$ 、低抵抗率 $10\Omega\text{cm}$)を使用した。高コンダクタンス不透明部材109としては断面が拡開形状、ここではくの字型のものを使用した。

【0078】まず、シリコン基板102を基体支持体1

03上に設置した。排気系(不図示)を介してプラズマ処理室101内を真空排気し、 1.33×10^{-3} Paの値まで減圧させた。続いてヒータ104に通電し、シリコン基板102を300℃に加熱し、該基板をこの温度に保持した。プラズマ処理用ガス導入口105を介して酸素ガスを500 sccmの流量で、また、モノシランガスを200 sccmの流量で処理室101内に導入した。次いで、排気系(不図示)に設けられたコンダクタンスバルブ(不図示)を調整し、プラズマ処理室101内を4.00 Paに保持した。次いで、400 kHzの高周波印加手段を介して300 Wの電力を基板支持体102に印加するとともに、2.45 GHzのマイクロ波電源より2.5 kWの電力をスロット付無終端環状導波管103を介してプラズマ処理室101内に供給した。かくして、プラズマ処理室101内にプラズマを発生させた。プラズマ処理用ガス導入口105を介して導入された酸素ガスはプラズマ処理室101内で励起、分解されて活性種となり、シリコン基板102の方向に輸送され、モノシランガスと反応し、酸化シリコン膜がシリコン基板102上に0.8 μmの厚みで形成された。この時、イオン種はRFバイアスにより加速されて基板に入射しパターン上の膜を削り平坦性を向上させる。

【0079】処理後、成膜速度、均一性、絶縁耐圧、及び段差被覆性について評価した。段差被覆性は、A1配線パターン上に成膜した酸化シリコン膜の断面を走査型電子顕微鏡(SEM)で観測し、ポイドを観測することにより評価した。

【0080】結果として、基板温度の変動は観られず、得られた酸化シリコン膜の成膜速度は290 nm/minと良好で、膜質も絶縁耐圧9.1 MV/cm、ポイドフリーであって良質な膜であることが確認された。

【0081】(実施例6)図1に示したマイクロ波プラズマ処理装置を使用し、半導体素子層間SiO₂膜のエッチングを行った。基体102としては、A1パターン(ラインアンドスペース0.35 μm)上に1 μm厚の層間SiO₂膜が形成されたφ300 mmのP型単結晶シリコン基板(面方位〈100〉、低抗率10 Ωcm)を使用した。高コンダクタンス不透明部材109としては断面が拡開形状、ここではくの字型のものを使用した。

【0082】まず、シリコン基板102を基体支持合103上に設置した後、排気系(不図示)を介してエッチング室101内を真空排気し、 1.33×10^{-3} Paの値まで減圧させた。次いで、プラズマ処理用ガス導入口105を介してCF₄を300 sccmの流量でプラズマ処理室101内に導入した。次いで、排気系(不図示)に設けられたコンダクタンスバルブ(不図示)を調整し、プラズマ処理室101内を 6.67×10^{-1} Paの圧力に保持した。次いで、400 kHzの高周波印加手段を介して300 Wの電力を基板支持体102に印加

するとともに、2.45 GHzのマイクロ波電源より3.0 kWの電力をスロット付無終端環状導波管103を介してプラズマ処理室101内に供給した。かくして、プラズマ処理室101内にプラズマを発生させた。プラズマ処理用ガス導入口105を介して導入されたCF₄ガスはプラズマ処理室101内で励起、分解されて活性種となり、シリコン基板102の方向に輸送され、自己バイアスによって加速されたイオンによって層間SiO₂膜がエッチングされた。

【0083】エッチング後、エッチング速度、選択比、及びエッチング形状について評価した。エッチング形状は、エッチングされた酸化シリコン膜の断面を走査型電子顕微鏡(SEM)で観測し、評価した。

【0084】結果として、基板温度の変動は観られず、エッチング速度と対多結晶Si(ポリシリコン)選択比は720 nm/min、20と良好であり、エッチング形状もほぼ垂直でマイクロローディング効果も少ないことが確認された。

【0085】(実施例7)図1に示したマイクロ波プラズマ処理装置を使用し、半導体素子ゲート電極間ポリシリコン膜のエッチングを行った。基体102としては、最上部にポリシリコン膜が形成されたφ300 mmのP型単結晶シリコン基板(面方位〈100〉、低抗率10 Ωcm)を使用した。高コンダクタンス不透明部材109としては断面が拡開形状、ここではくの字型のものを使用した。

【0086】まず、シリコン基板102を基体支持合103上に設置した後、排気系(不図示)を介してプラズマ処理室101内を真空排気し、 1.33×10^{-3} Paの値まで減圧させた。プラズマ処理用ガス導入口105を介してCF₄ガスを300 sccm、酸素を20 sccmの流量でプラズマ処理室101内に導入した。次いで、排気系(不図示)に設けられたコンダクタンスバルブ(不図示)を調整し、プラズマ処理室101内を 2.67×10^{-1} Paの圧力に保持した。次いで、400 kHzの高周波電源(不図示)からの高周波電力300 Wを基板支持体103に印加するとともに、2.45 GHzのマイクロ波電源より2.0 kWの電力をスロット付無終端環状導波管103を介してプラズマ処理室101内に供給した。かくして、プラズマ処理室101内にプラズマを発生させた。プラズマ処理用ガス導入口105を介して導入されたCF₄ガス及び酸素はプラズマ処理室101内で励起、分解されて活性種となり、シリコン基板102の方向に輸送され、自己バイアスにより加速されたイオンによりポリシリコン膜がエッチングされた。クーラ104により、基板温度は80℃までしか上昇しなかった。

【0087】エッチング後、エッチング速度、選択比、及びエッチング形状について評価した。エッチング形状は、エッチングされたポリシリコン膜の断面を走査型電

10

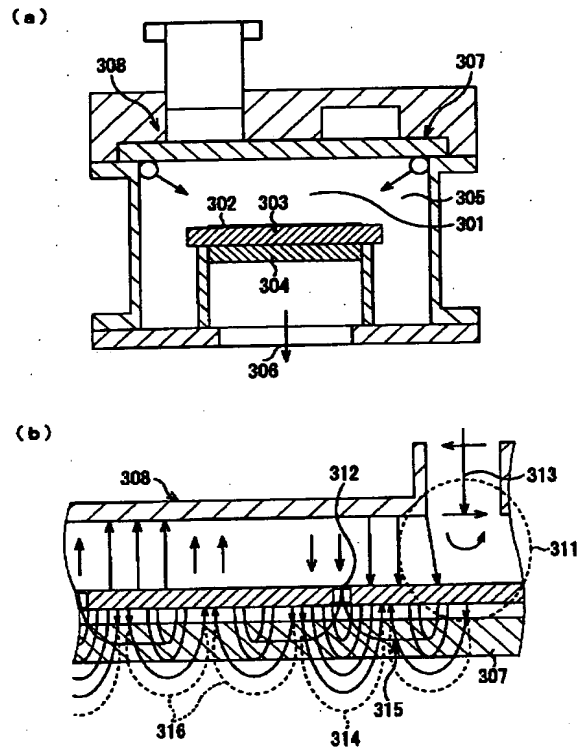
20

30

40

50

【図3】



フロントページの続き

F ターム (参考) 4K030 AA01 AA06 BA40 BA44 BB12
 CA04 EA03 EA11 FA02 KA12
 KA23 KA39
 5F004 AA01 BA03 BA20 BB14 BB16
 BB17 BB18 BD01 BD04 CA01
 CA02 CA03 CA04 DA01 DA26
 DB02 DB03 DB26
 5F045 AA08 AB32 AB33 AC01 AC11
 AC15 AD07 AE07 AF03 BB08
 BB16 DP03 EB02 EH03 EH06
 EH08 EH14